

© WPI / DERWENT

- AN - 1983-785977 [41]
- TI - Prevention of stress cracking in nuclear fuel contg. capsules - by covering with pipe that has stress corrosion cracking inhibiting gas in plenum
- AB - J58147676 New nuclear fuel element (I) consists of a covering pipe in which fuel pellets are enclosed and sealed. The covering pipe has a stress corrosion cracking inhibiting gas enclosed in a plenum (II) at its upper end. The plenum has capsules (III) built in, which are formed so as to release the stress corrosion cracking inhibiting gas by a difference in pressure from the internal pressure of the covering pipe, which is caused by nuclear fission prod. gas in said nuclear fuel element.
- (I) prevents breakage of the covering pipe which is possibly caused by corrosion stress cracking, making possible safety and effective operation of reactors. (II) contains plural capsules having different film thicknesses which can be broken when the stress corrosion cracking inhibiting gas is released. (III) contains at least one of O, H, N and steam.(0/4)
- W - PREVENT STRESS CRACK NUCLEAR FUEL CONTAIN CAPSULE
COVER PIPE STRESS CORROSION CRACK INHIBIT GAS PLENUM
- PN - JP58147676 A 19830902 DW198341 005pp
- IC - G21C3/16
- MC - K05-B04B
- DC - K05
- PA - (NIKA-N) NI KAKUNENRYO KAIHA
- PR - JP19820028976 19820226

⑬ 日本国特許庁 (JP)
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭58—147676

⑤ Int. Cl.³
G 21 C 3/16

識別記号

庁内整理番号
7808—2G

④ 公開 昭和58年(1983)9月2日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 5 頁)

④ 核燃料要素

63番地日本核燃料開発株式会社
内

② 特 願 昭57—28976

⑦ 出 願 人 日本核燃料開発株式会社

② 出 願 昭57(1982)2月26日

茨城県東茨城郡大洗町成田町21

⑦ 発 明 者 細川隆徳

63番地

茨城県東茨城郡大洗町成田町21

⑦ 代 理 人 弁理士 高橋明夫

明 細 書

発明の名称 核燃料要素

特許請求の範囲

1. 被覆管内に燃料ペレットが封入密閉されてなる核燃料要素において、上記被覆管上端内部のガスブレンナム内に、応力腐食割れ抑制ガスが封入されると共に上記核燃料要素内の核分裂生成ガスに基づき上記被覆管内圧との差圧によつて上記応力腐食割れ抑制ガスを放出するように形成されたカプセルが内蔵されてなることを特徴とする核燃料要素。

2. 上記カプセルに、酸素、水素、窒素、水蒸気のいずれか1種以上の応力腐食割れ抑制ガスが封入されている特許請求の範囲第1項記載の核燃料要素。

3. 上記ガスブレンナム内に、上記応力腐食割れ抑制ガスを放出する際に破られるように形成される薄膜の厚さがそれぞれ異なるように形成された上記カプセルが複数個内蔵されている特許請求の範囲第1項記載の核燃料要素。

発明の詳細な説明

本発明は、原子炉の核燃料要素の改良に関するものである。

第1図は原子炉に用いられている代表的な核燃料要素の断面図を示し、1は核燃料要素で、核燃料要素1は、二酸化ウラン(UO₂)を焼結した燃料ペレット3を内部に多数積層し上下端を上部端栓4、下部端栓5により密接密封された被覆管2により形成されている。核燃料要素1内には、ギャップガスとして熱伝導率のよいヘリウムガスが封入されており、また、上部には燃料ペレット3から放出される核分裂生成ガスによる核燃料要素1内の圧力上昇を防ぐために、ガスブレンナム6が設けられている。ガスブレンナム6内にはコイルばね7が配置され、核燃料輸送時等に燃料ペレット3が被覆管2内で上下移動をしないように燃料ペレット3を押え付けている。また、ニッケル、チタン、ジルコニウム合金よりなる水分グッター8がコイルばね7内に配置され、燃料ペレット製造時に吸収し原子炉運転初期に放出される水

量、水分を吸収するようになっていく。

原子炉の炉心に、このような核燃料要素1を複数規則的に配置形成した核燃料集合体を多数装填し原子炉の運転を始めると、発熱中の燃料ペレット3は放物線に近い温度分布を有し、この温度分布のために燃料ペレット3はつぶみ状に変形すると共に熱応力のために燃料ペレット3内に割れが発生し、燃料ペレット3が再配置され燃料ペレット3と被覆管2との間のギャップが狭められる。核燃料要素1の出力をさらに増加させると、燃料ペレット3の熱膨張によつて燃料ペレット3と被覆管2とが接触し、機械的相互作用が生じる。

一方、1回の核分裂によつて2個の核分裂生成物が生じ、その核分裂生成物のうち、約0.3個が気体状の核分裂生成物で、特に、腐食性核分裂生成ガスであるヨウ素は、核燃料要素1の1本当たり燃焼度1000MWD/Tにつき、約20~30mg生成される。このように燃料ペレット3の燃焼と共に蓄積される腐食性核分裂生成ガスであるヨウ素と前述した燃料ペレット3及び被覆管2の

核燃料集合体の経済的損失をもたらすことになる。

この応力腐食割れによる核燃料要素1の破損を防ぐためには、燃料ペレット3と被覆管2との機械的相互作用を防止するか、ジルカロイ被覆管1を腐食性核分裂生成ガスであるヨウ素より防護する必要がある。そこで、核燃料要素1内のヨウ素を除去し、被覆管2を腐食性核分裂生成ガスより保護するために、ジルカロイ被覆管2よりヨウ素と化学反応し易いヨウ素グッターを核燃料要素1内に装填するか、燃料ペレット3と被覆管2との間に金属層を設け、ヨウ素と被覆管2との間に障壁を作る方法が考えられている。しかし、ヨウ素グッターでは、核燃料要素1の大幅な出力上昇によつてこれまで燃料ペレット3内に蓄積されていた核分裂生成ガスが放出されることによる急激なヨウ素濃度の変化に対処できない。また、障壁材及び被覆管内張り材のあるものは、中性子吸収断面積が大きく、中性子経済性を低下させるし、核燃料要素の製造コストを上升させると云う欠点がある。

特開昭58-147676(2)

機械的相互作用の相乗作用によつて核燃料要素1の応力腐食割れ破損が生じる。この核燃料要素1の応力腐食割れ破損を生じさせるに必要なヨウ素濃度は、被覆管表面積に対し、 $3 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^2$ 、燃料ペレット3による被覆管2の引張応力は200 MPaで、これ以下のヨウ素濃度、あるいは燃料ペレット3による被覆管2の引張応力では、核燃料要素1の応力腐食割れ破損は生じないと云われている。しかしながら、一旦、核燃料要素1に応力腐食割れ破損が生じると、被覆管2の役割りである燃料ペレット3と冷却水の接触及び化学反応を阻止する機能や、燃料ペレット3から放出された放射性核分裂生成物が冷却水中に混入することを阻止する機能が損なわれ、冷却施設の放射能レベルが上昇する。

破損した核燃料要素1は、冷却水を放射性核分裂生成物で汚染するだけでなく、冷却水汚染の拡大を阻止するため原子炉を停止させて破損した核燃料要素1を含んだ核燃料集合体を原子炉から取り出す必要があり、原子炉の稼働率の低下や核燃

ジルカロイ被覆管1内面の酸化被膜は腐食性核分裂生成ガスであるヨウ素に対して強固な保護被膜となり得る。現在の核燃料要素の被覆管表面は、あらかじめ製造段階で数ミクロンの酸化被膜を付着させているが、照射中における燃料ペレット3と被覆管2との機械的相互作用により酸化被膜に傷がつけられる可能性がある。核燃料要素1内のガス雰囲気中に酸素ガスが存在する場合に、ジルカロイ被覆管2はヨウ素よりも早く酸化反応し易いと云われている。そして、核燃料要素1中に最初から酸素を封入することは特開昭53-140493号公報で既に知られており、また、ヨウ素と反応して酸素を放出する酸化物を入れた核燃料要素が考えられた。

しかしながら、従来の技術である核燃料要素1内に最初から酸素ガスを封入した核燃料要素1では、酸素ガスの流入によつて燃料ペレット3と被覆管2との間のギャップガスであるヘリウムガスの熱伝導率の低下をもたらし、ひいては燃料ペレット3の温度上昇、熱膨張量の増加による燃料ペ

レフト3と被覆管2との機械的相互作用の悪化、燃料ペレット3からの核分裂生成ガス放出量増加による環境の悪化につながる。そして、原子炉運転の初期に燃料ペレット3から放出される水素及び水分を吸収するために核燃料要素1内に配置された水分グッターに対しても、ニッケル、チタン、ジルコニウム合金よりなる水分グッター材と酸素とが反応して水分グッター材の水素及び水分の吸収能力の低下をもたらす。また、核燃料要素内に酸化物を配置しても、核燃料要素1の大幅な出力増加による燃料ペレット3からの大量のヨウ素放出で急激な環境悪化に対応できないという欠点がある。

本発明は上記の状況に鑑みなされたものであり、被覆管の応力腐食割れによる破損を防止できて原子炉の安全性、効果的な運転性を向上できる核燃料要素を提供することを目的としたものである。

本発明の核燃料要素は、被覆管内に燃料ペレットが封入密閉されてなり、上記被覆管上端内部のガスプレナム内に、応力腐食割れ抑制ガスが封入

されると共に上記核燃料要素内の核分裂生成ガスに基づく上記被覆管内圧との差圧によつて上記応力腐食割れ抑制ガスを放出するように形成されたカプセルが内蔵されてなるものである。

以下本発明の核燃料要素の一実施例を従来と同部品は同符号で示し同部分の説明は省略し第2図、第3図により説明する。第2図は核燃料要素の縦断面図、第3図は第2図の酸素封入カプセルの縦断面図である。核燃料要素1は、内径1.08mm、肉厚0.86mm、全長4mmのジルカロイ-2の被覆管2に外径1.056mmのUO₂燃料ペレット3を3.6mに渡つて装填し、1気圧のヘリウムガスを封入した後、その上下両端を端栓4、5で溶接密封されている。プレナム6部内には、コイルばね7、水分グッター8及び酸素封入カプセル9が収納されている。酸素封入カプセル9は、第3図に詳細を示すように、外径6mm、肉厚0.2mm、長さ20mmのジルカロイの管10と、管10の片両端に形成された厚さ0.05mmのジルカロイ製の薄膜11と、薄膜11に酸素封入カプセル9及び核燃料

料要素1との圧力差を利用して穴をあけるように形成されたペネトレータ12と、内部に封入された3気圧の酸素ガス13とからなっている。薄膜11の厚さは腐食性核分裂生成ガスであるヨウ素のギャップガス中の濃度が応力腐食割れ破損を起こすしきい値 $3 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2$ より小さい $2.5 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2$ に達したときに、核燃料要素1内の核分裂生成ガスによる内圧と酸素封入カプセル9の内圧との差圧により薄膜11に加わる圧力とペネトレータ12の鋭い針先によつて穴があくように形成されている。

核燃料要素1を原子炉内に装架し原子炉の運転を始めると、ギャップガス中のヨウ素濃度は燃料ペレット3の温度、即ち、核燃料要素1の出力及び燃焼度によつて決まる。ギャップガス中のヨウ素濃度が応力腐食割れ破損を起こすしきい値 $3 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2$ 以下の $2.5 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2$ に達する時の核燃料要素1の燃焼度は、核燃料要素1が、300W/cmの一定出力で運転された場合、約10000MWD/T₉₀で、また、400W/cmの

一定出力で運転された場合、約3000MWD/T₉₀である。この時、酸素封入カプセル9の外部の圧力の方が高くなり薄膜11がペネトレータ12により破られ、酸素封入カプセル9内に封入されていた酸素ガス13が核燃料要素1内に放出され、腐食性核分裂生成ガスであるヨウ素による応力腐食割れ破損を防止できる安全ガス雰囲気(ガスプレナム6内の酸素分圧は7 Torr以上)を作り出し、核燃料要素1の応力腐食割れ破損を防止することができる。

第4図は他の実施例を示し、酸素封入カプセル9の薄膜11を破り易くするために、酸素ガス13の圧力より高い圧力でベローズ14内にヘリウムガス15を封入しておき、核燃料要素1を原子炉内に装架し、原子炉の運転(冷却水温度: 280℃)を始めたときにペネトレータ12がベローズ14内圧の増加により薄膜11に力を加えておく型の酸素封入カプセル9も利用でき、酸素封入カプセル9の外側の圧力が高くなるとペネトレータ12により破られる。また、薄膜11

の厚さを具にした数箇の酸素封入カプセル9を核燃料要素1のガスプレナム6に配置し、核燃料要素1の内圧の違いによつて薄膜11が通つた時点で高次破れるようにしてもよい。

尚、上記両実施例とも、腐食性核分裂生成ガスであるヨウ素による核燃料要素の応力腐食割れ破損の抑制に酸素を使用した場合について述べたが、酸素以外に、水素、水蒸気、窒素でも同様の作用効果を有する。また、これら水素、水蒸気、窒素あるいは酸素の混合ガスを、酸素の代わりとしてカプセルに封入しても、酸素ガスと同様に核燃料要素の応力腐食割れ破損を防止できる。

以上記述した如く本発明の核燃料要素は、応力腐食割れによる破損を防止できて原子炉の安全性、効果的な運転性を向上できる効果を有するものである。

図面の簡単な説明

第1図は従来の核燃料要素の縦断面図、第2図は本発明の核燃料要素の実施例の縦断面図、第3図は第2図の酸素封入カプセルの詳細図、第4図

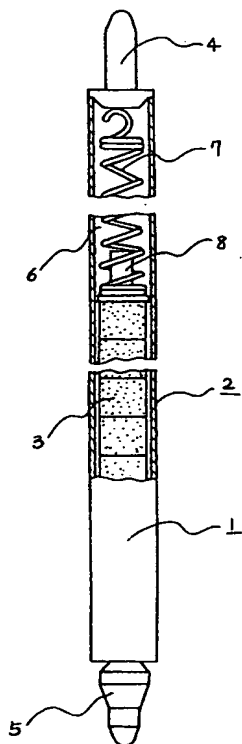
特開昭58-147676(4)

は本発明の核燃料要素の他の実施例の第3図と同部品の酸素封入カプセルの詳細図である。

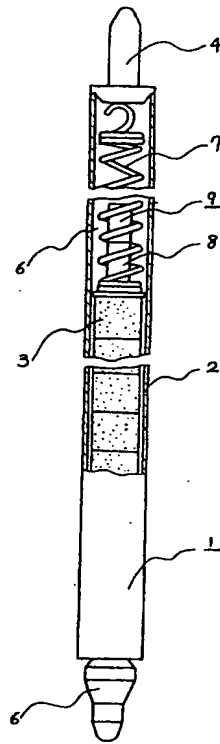
1…核燃料要素、2…仮覆管、3…燃料ペレット、6…ガスプレナム、9…酸素封入カプセル、13…酸素ガス。

代理人 弁理士 高橋明(特許代理人)

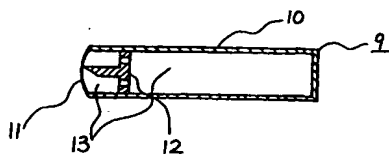
第1図



第2図



第 3 図



第 4 図

